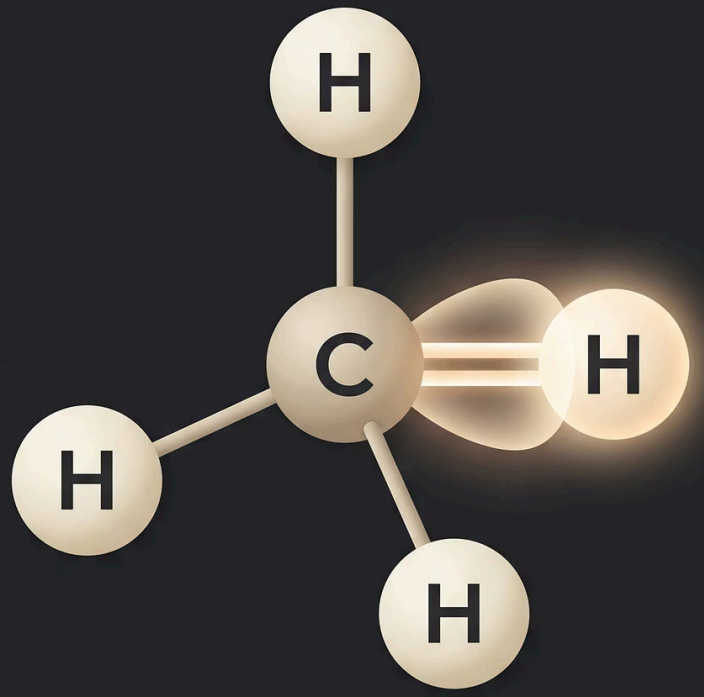
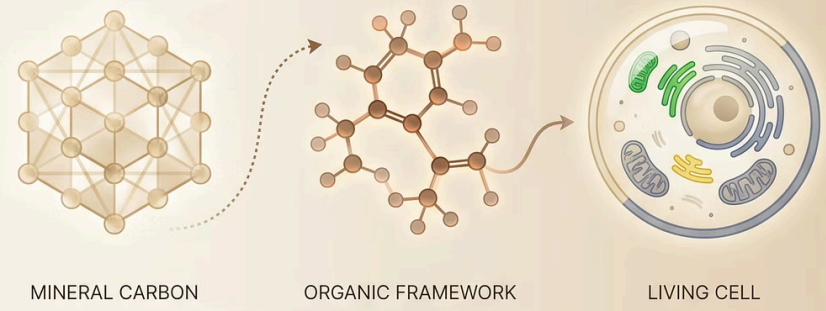


Karbonun Geometrik Lisanı

Alkenlerin İsimlendirilmesi ve Cis-Trans (E-Z) İzomerisi

Ders Sunumu

TERADİGMA



CARBON TRANSFORMATION: CRYSTAL TO CELL

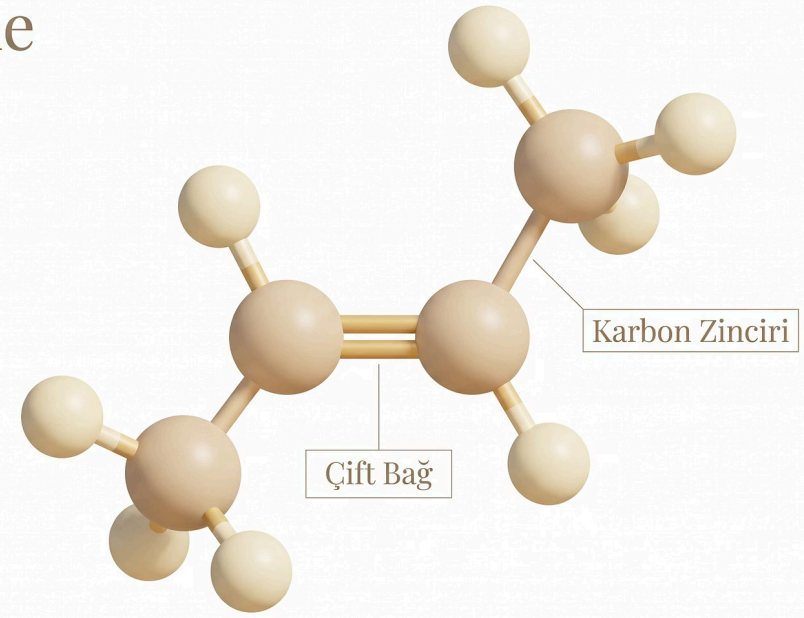
Karbon Atomu: Sıradan mı, Olağanüstü mü?

Karbon, cansız taştan en karmaşık canlıya kadar her şeyin iskeletini oluşturur.

Peki aynı atomların farklı dizilişleri nasıl bu kadar farklı özellikler ortaya çıkarıyor?

> Madde, kendi doğasını yalnızca içeriğinden değil — diziliş sanatından alır.

Propene
(C_3H_6)



Alken Nedir?

→ Çift Bağ İçeren Moleküller

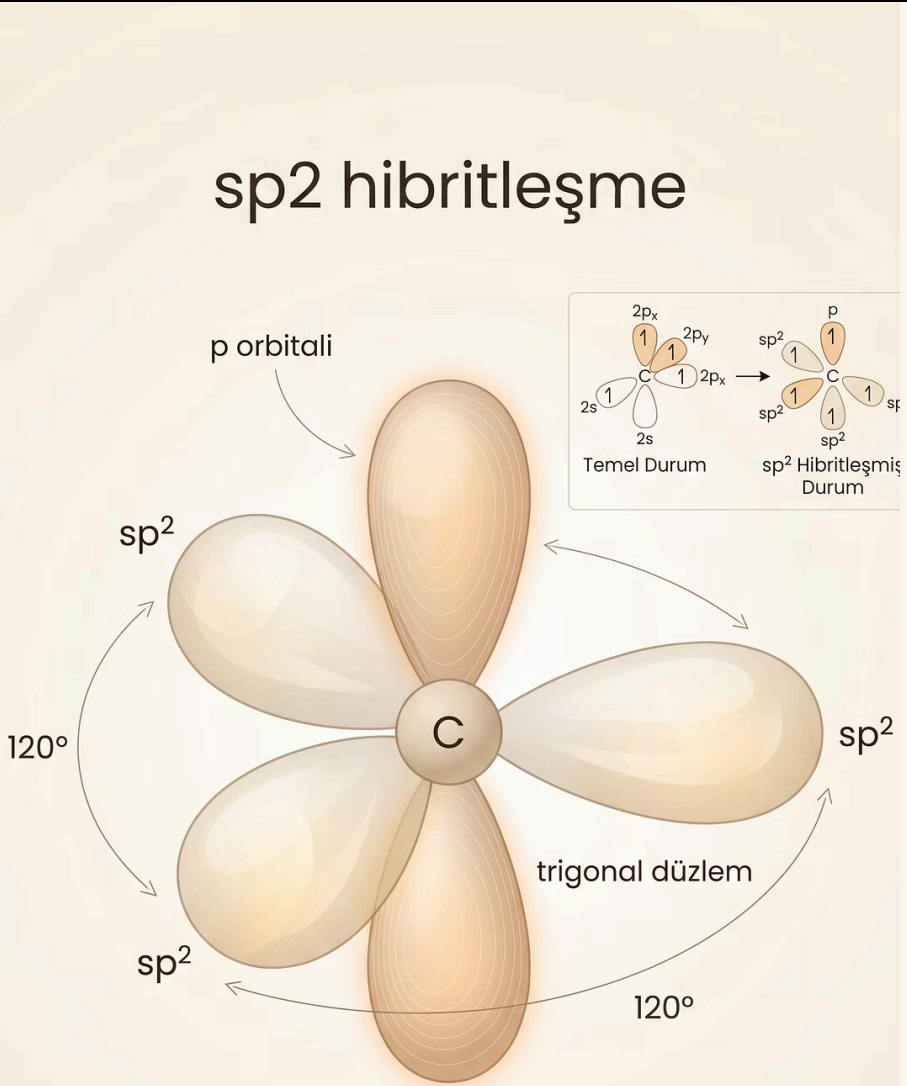
Karbon atomları arasında en az bir **çift bağ** barındıran moleküllere alken denir.

→ Geometrik Kilit

Çift bağ, sıradan bir halat değil; molekülün uzaydaki şeklini kilitleyen hassas bir düzenektir.

→ Yaşamsal İşlevler

Bu geometrik kilit, görme olayından hücre esnekliğine kadar pek çok yaşamsal işlevi mümkün kılar.



sp^2 Hibritleşmesi: Karbonun Başkalaşımı

Alken molekülü inşa edilirken karbon atomu yepyeni bir forma büründürülür: **sp^2 hibritleşmesi**

Orbital Birleşimi

Bir adet *s* orbitali ile iki adet *p* orbitali birleştirilerek üç eş enerjili sp^2 orbitali oluşturulur.

120° Düzlemi

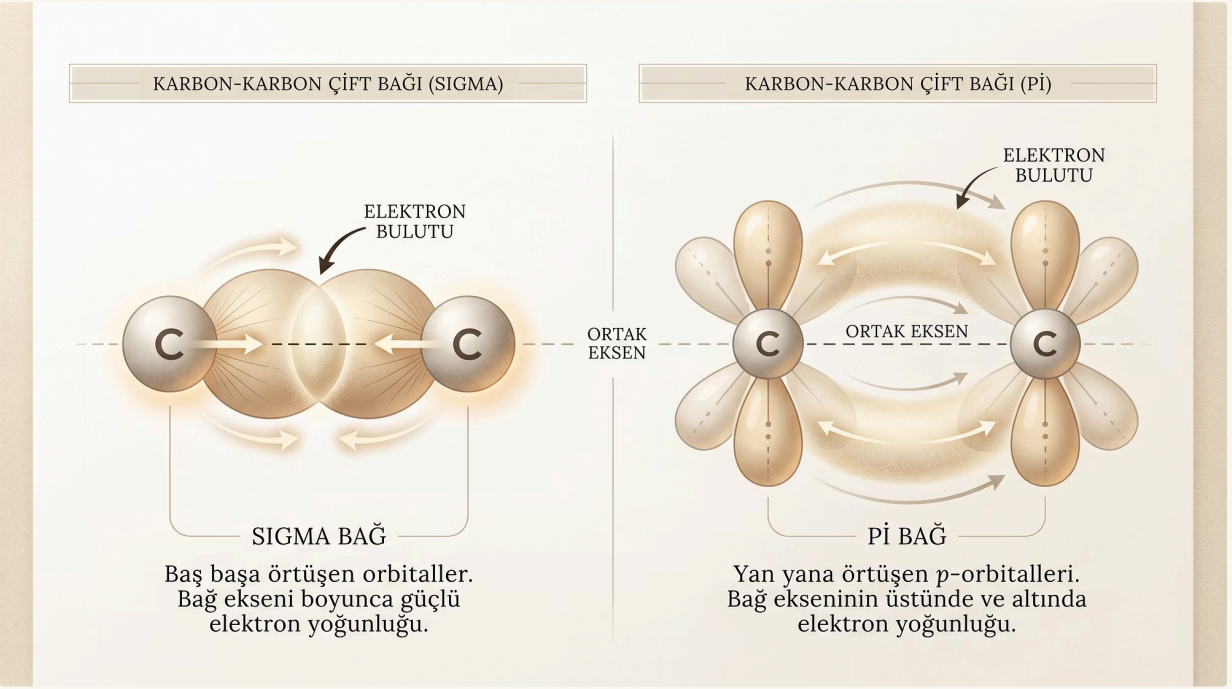
Bu üç orbital aynı düzlemde, birbirinden tam 120 derecelik açılarla yerleştirilir.

Dik p Orbitali

Hibritleşmeye katılmayan üçüncü *p* orbitali düzlemin tam üstüne ve altına dik olarak konumlandırılır.

Çift Bağın İki Katmanı

Çift bağ, iki ayrı mekanizmanın birleşimiyle kurulur:



Sigma (σ) Bağı

sp^2 orbitalleri uç uca örtüşerek molekülün ana omurgasını ve en sağlam bağını oluşturur.

Pi (π) Bağı

Hibritleşmeye katılmayan *p* orbitalleri yan yana etkileşerek çekirdeklerin altında ve üstünde bir elektron bulutu kurar.

Bu iki katmanlı yapı, alkene hem sağlamlık hem de geometrik kimlik kazandırır.

Pi Bağı: Büyük Kilitleme

Pi bağının varlığını sürdürebilmesi için komşu karbonlardaki *p* orbitallerinin birbirine paralel kalması zorunludur.

Parallellik Zorunluluğu

Bir atom dönmeye kalkışırsa parallellik bozulur ve bağ kopar.

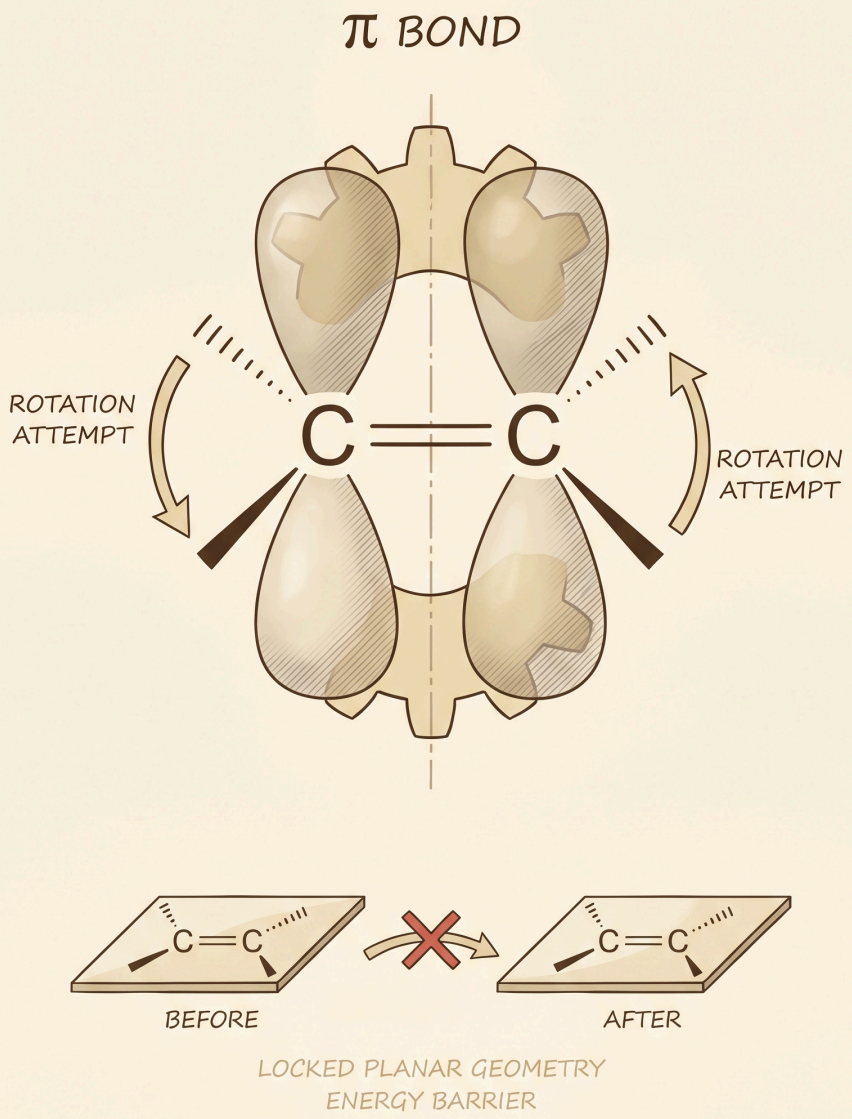
63–65 kcal/mol

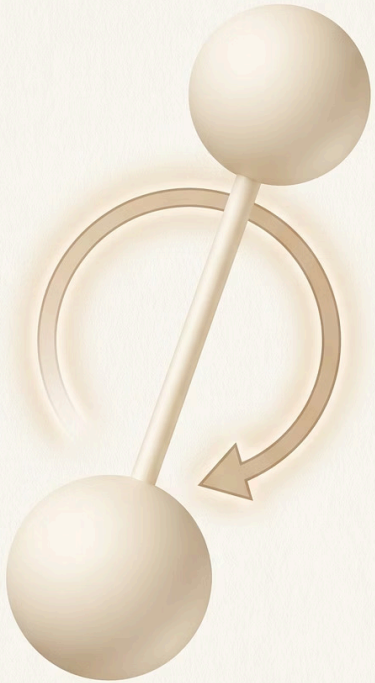
Bu bağı koparmak için gereken enerji yaklaşık 63–65 kcal/mol'dür.

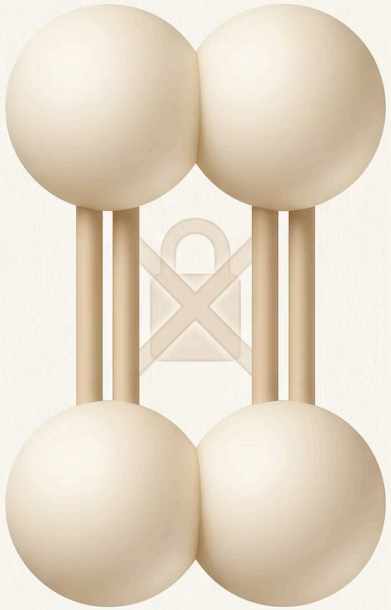
Oda Sıcaklığı Enerjisi

Oda sıcaklığında moleküllerin sahip olduğu enerji bunun yalnızca onda biri kadardır.

Sonuç: Molekül, sentezlendiği andaki geometrisine hapsedilir.







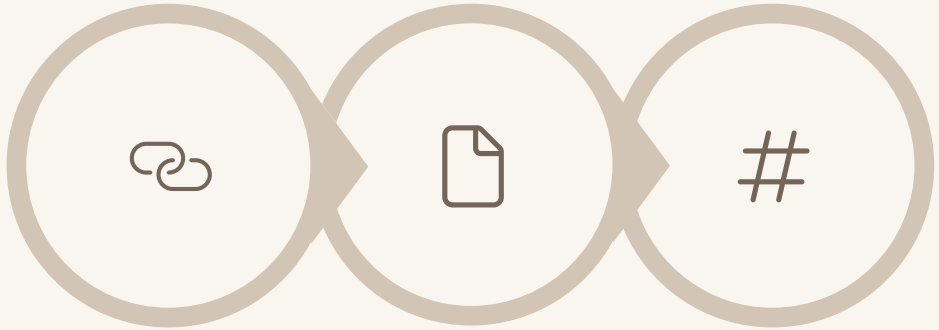
Kilitlenme Bir Eksiklik mi?

> Tekli bağlarda atomlar adeta bir stres çarkı gibi serbestçe dönebilir — çünkü bu dönüş için gereken enerji çok düşüktür.

Çift bağdaki bu "hareket yasağı" ilk bakışta bir kısıtlama gibi görünür.

Oysa bu kilitleme, milyarlarca biyolojik şifrenin saklanabilmesi için tasarlanmış muazzam bir **moleküler hafıza sistemidir.**

Alken İsimlendirilmesi: IUPAC Kuralları



En uzun zincir **–en eki** **Konum numarası**

IUPAC sisteminde alkenler şu kurallara göre adlandırılır:

Dönme engeli sayesinde aynı atomlara sahip moleküller, uzayda birbirinden tamamen farklı iki kalıba dökülür — bu da isimlendirmeyi tek başına yetersiz kılar.

01

En Uzun Zincir

En uzun karbon zinciri seçilir.

02

–en Eki

"–an" eki yerine çift bağın varlığını gösteren "**–en**" eki getirilir.

03

Konum Numarası

Çift bağın konumu zincir üzerinde numarayla belirtilir.

Cis ve Trans: Nehrin İki Kıyısı

Çift bağı bir nehir gibi düşünelim:

Cis

Benzer atom grupları nehrin **aynı kıyısında** → kanatlarını yukarı kaldırmış bir kuş gibi kıvrık.

Trans

Benzer atom grupları nehrin **zıt kıyılarında** → bir kanadı yukarıda diğeri aşağıda, düz bir pervane gibi.

⚠ Bu sistem dört grubun da birbirinden farklı olduğu durumlarda yetersiz kalır.

E-Z Sistemi: Daha Kesin Bir Hiyerarşi

Cahn-Ingold-Prelog (CIP) kurallarına dayanan E-Z sistemi, her durumda geçerli bir çözüm sunar:

Öncelik Ataması

Çift bağın her iki ucundaki atomlara **atom numarasına göre** öncelik atanır; daha ağır atom öncelik kazanır.

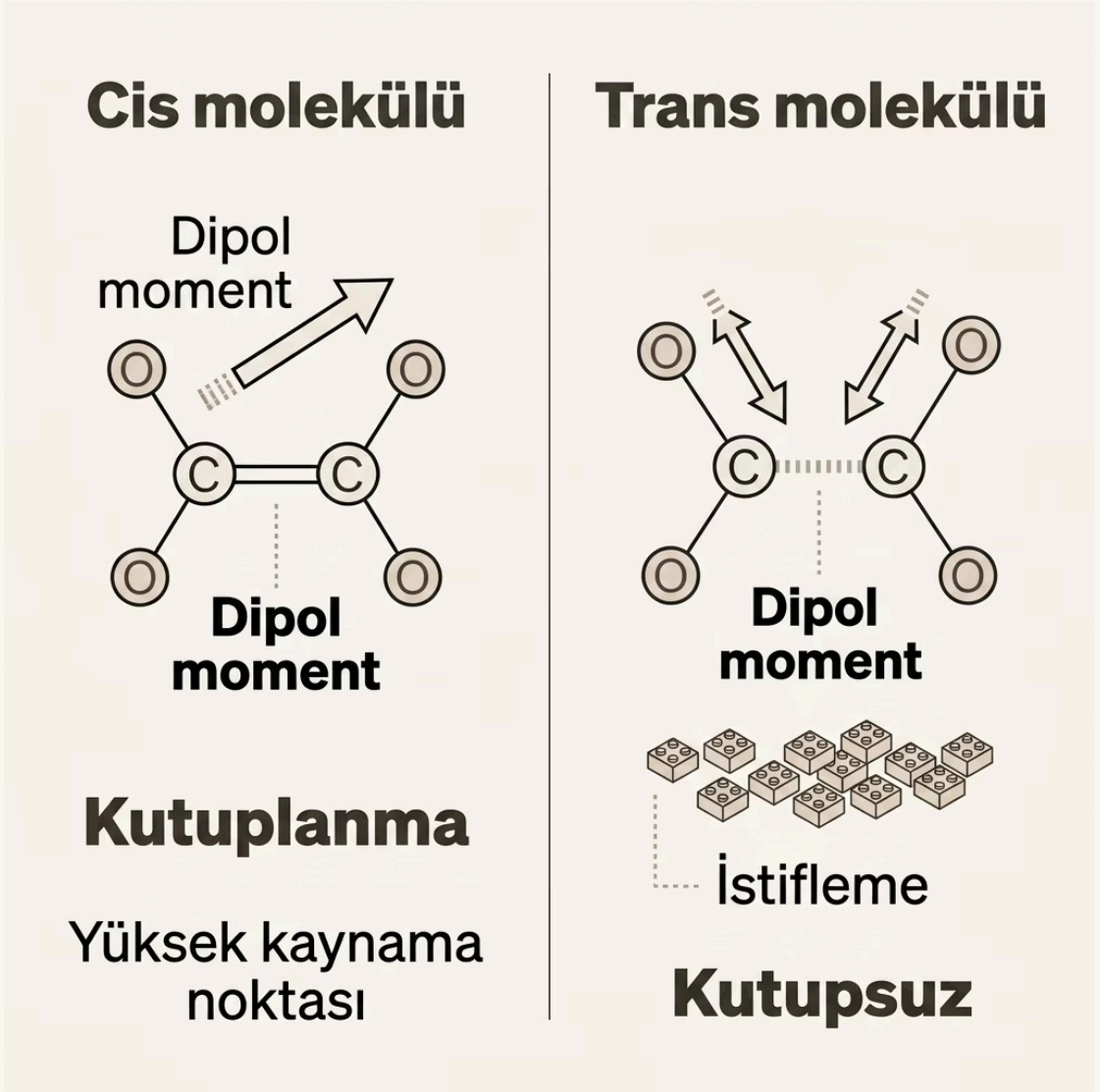
Z (Zusammen – Birlikte)

Yüksek öncelikli gruplar **aynı tarafta** yer alır.

E (Entgegen – Karşı)

Yüksek öncelikli gruplar **zıt taraflarda** yer alır.

Geometri Fiziksel Özellikleri Nasıl Belirler?



Aynı atomlardan oluşan iki molekül, yalnızca geometrileri farklı olduğu için birbirinden çok farklı davranır.

Cis Molekülü

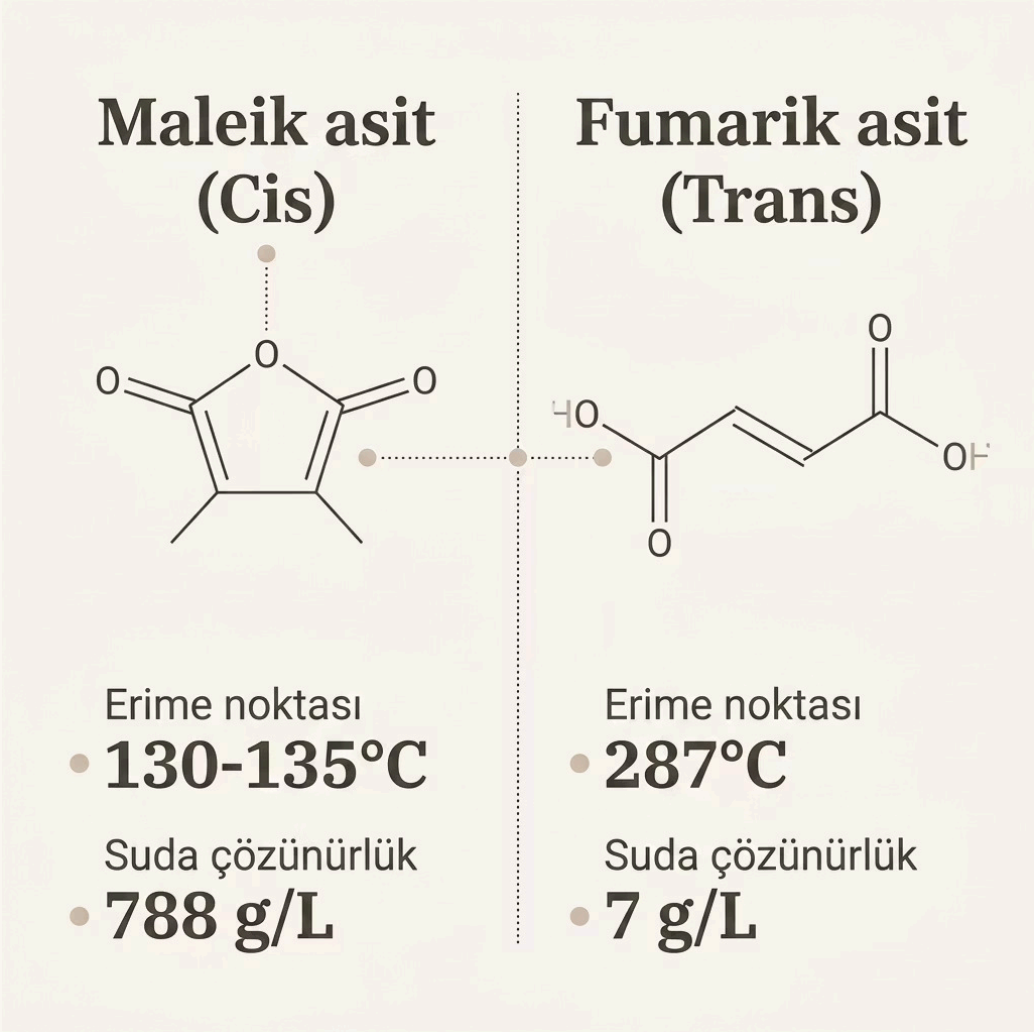
Elektronegatif gruplar aynı yöne baktığı için elektriksel çekim merkezi (dipol moment) oluşur; molekül kutuplanır ve yüksek kaynama noktası gösterir.

Trans Molekülü

Zıt yönlere bakan kuvvetler birbirini sönümler; molekül kutupsuzlaşır ve katı halde tuğlalar gibi üst üste istiflenebilir.

Maleik Asit ile Fumarik Asit: Sayılarla Fark

Aynı C, H ve O atomlarından oluşan iki molekül karşılaştırılsın:



Maleik Asit (Cis)

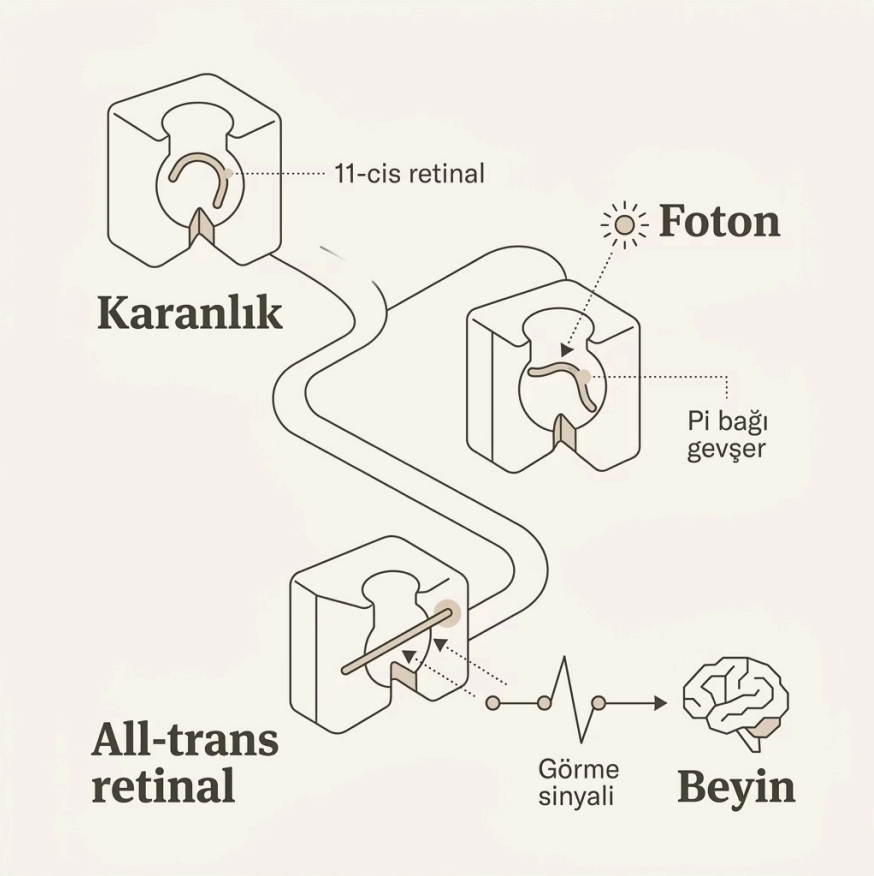
- Erime noktası: 130–135 °C
- Suda çözünürlüğü: 788 g/L
- Yapısı: kıvrık (U şeklinde)

Fumarik Asit (Trans)

- Erime noktası: 287 °C
- Suda çözünürlüğü: yalnızca 7 g/L
- Yapısı: düz

Aralarındaki erime noktası farkı 150 dereceden fazla. Sadece geometri farklı; her şey değişiyor.

Görme Olayı: 200 Femtosaniyede Mucize



Gözümüzün ağ tabakasında **retinal** adlı molekül görevlendirilir:

01

Karanlıkta 11-cis Formu

Bükülmüş ve gergin bir yay gibi, bağlı olduğu proteinin içine anahtar-kilit uyumuyla yerleştirilir.

02

Foton Çarpması

Tek bir foton (ışık zerresi) çarptığında pi bağı anlık gevşer ve molekül **200 femtosaniyede** all-trans formuna geçiş yapar.

03

Görme Sinyali

Bu şekil değişimi etrafındaki proteini mekanik olarak iter ve beyne giden görme sinyali başlatılır.

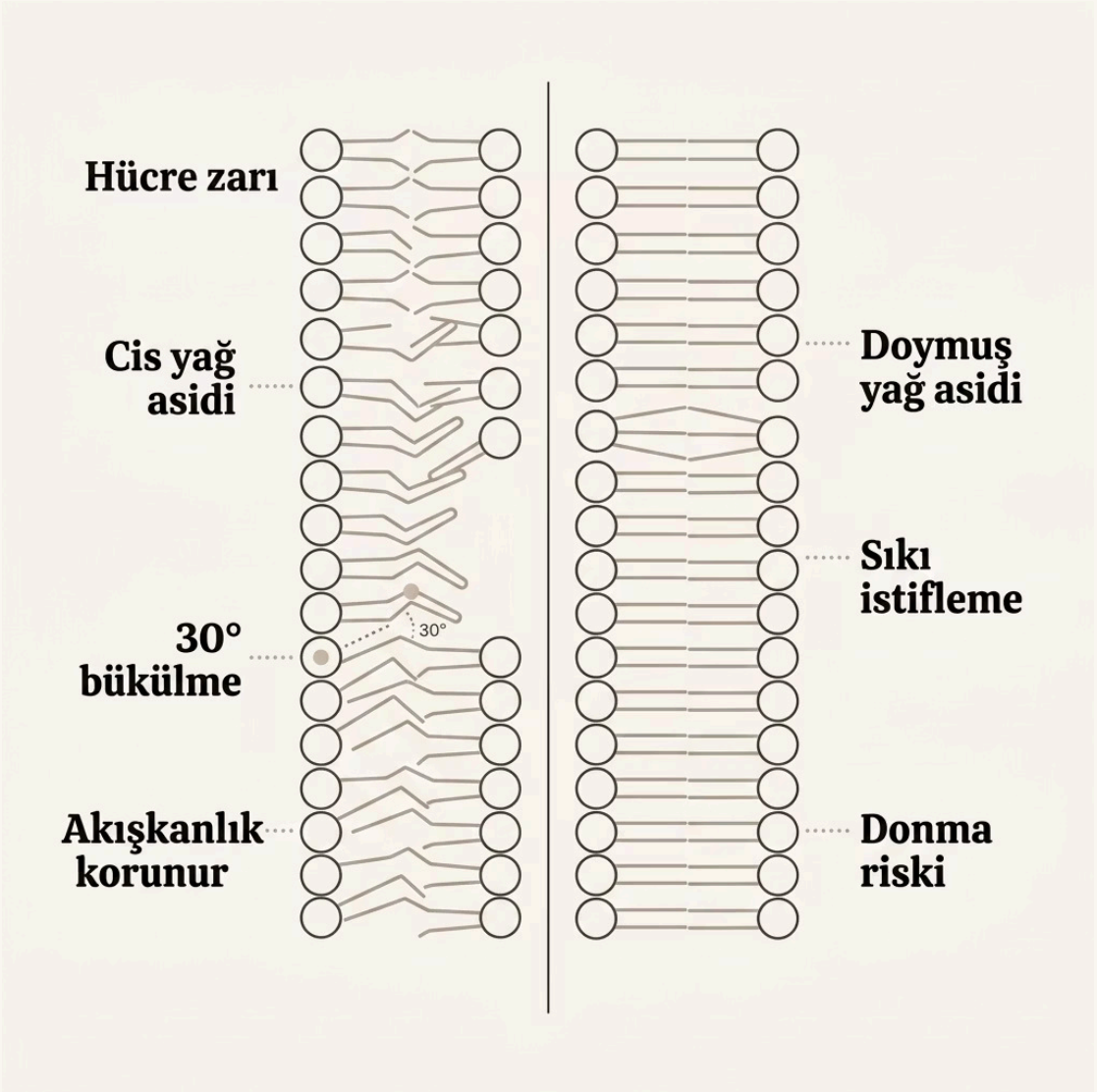
200 Femtosaniye Ne Kadar Hızlı?

Bunu zihnimizde canlandırmak için şu benzetmeyi kullanalım:

> Eğer 1 mikrosaniye (saniyenin milyonda biri) 300 metrelik dev bir stadyum uzunluğunda olsaydı, 1 femtosaniye yalnızca küçük bir virüsün boyu kadar olurdu.

Bu akıl almaz hız, molekülün enerjisini sağa sola dağıtmadan, adeta sürtünmesiz bir geçitten kusursuzca şekil değiştirmesi için tasarlanmış bir sistemin ürünüdür.

Hücre Zarı: Donmayan Bir Mimarinin Sırrı



Hücre zarlarının akışkanlığını koruyabilmesi için zara katılan yağ asitleri **cis** formunda düzenlenmiştir:

30° Kalıcı Bükülme

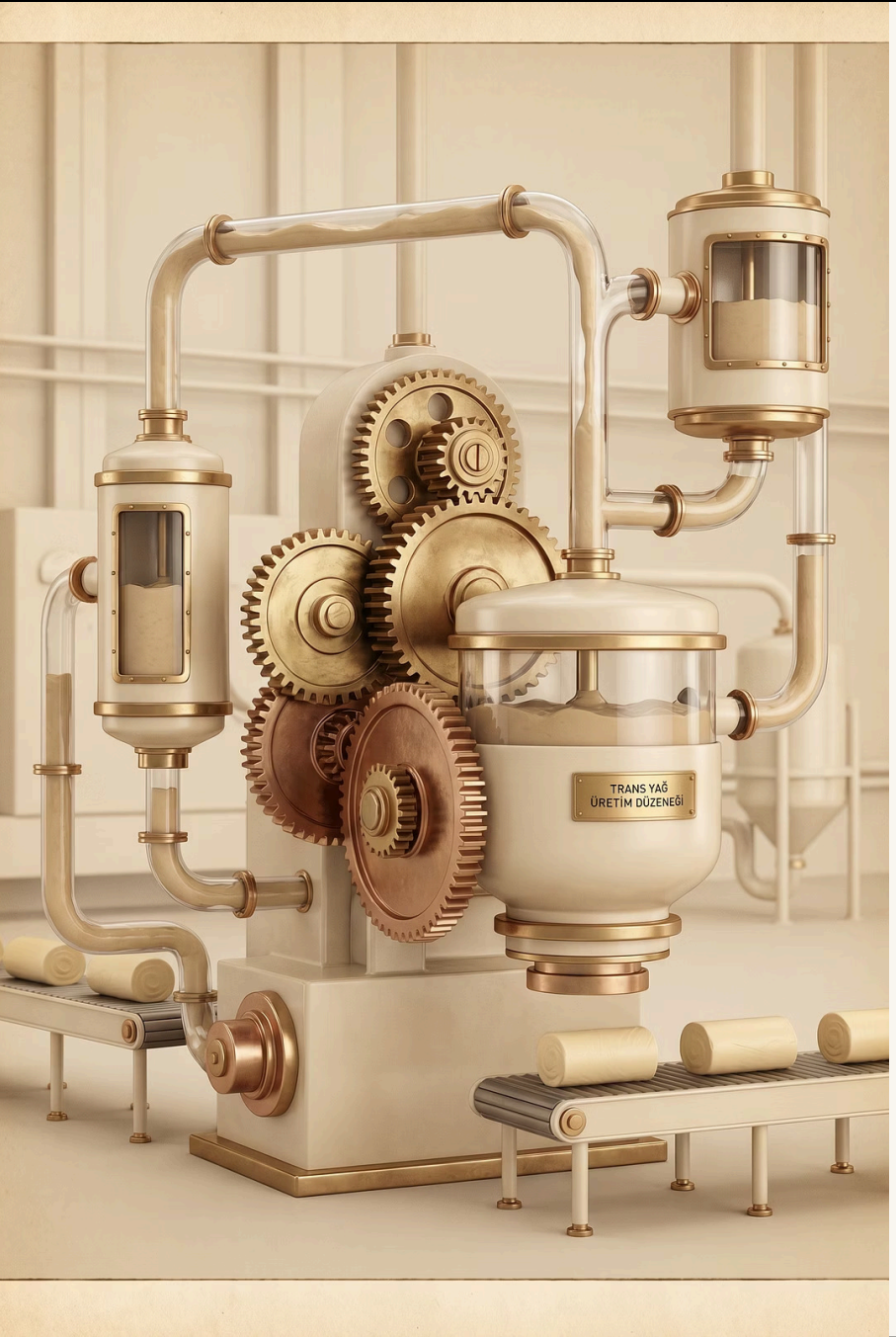
Cis formunun oluşturduğu yaklaşık 30 derecelik kalıcı bükülme, yağ moleküllerinin birbirine sıkı yapışmasını fiziksel olarak engeller.

Aralıklı Moleküller

Tıpkı arasına taş sıkışmış kitaplar gibi moleküller aralıklı kalır; zar en soğuk havalarda bile donmaz.

Trans Formun Tehlikesi

Eğer bu yağlar trans formunda olsaydı moleküller üst üste istiflenirdi, zar betonlaşır ve yaşam imkânsız hale gelirdi.



Trans Yağlar: Geometrik Uyumsuz Dişliler

Endüstriyel ortamlarda üretilen margarinlerdeki sentetik trans yağlar vücuda alındığında ne olur?

Zar Sertleşmesi

Hücre zarına cis yağ gibi davranamaz; düz yapısıyla boşluksuz istiflenir ve zarı sertleştirir.

Protein Aksaklığı

Proteinlerin çalışması aksar.

Kalp Hastalıkları

Bu "geometrik olarak uyumsuz dişliler" kalp hastalıklarına zemin hazırlar.

Aynı kimyasal içerik, yanlış geometri yüzünden zararlı hale gelir.

Kimyasal İletişim: İpek Böceğinin Şifresi

İpek böceği eşini bulmak için **bombykol** adlı koku molekülü (feromon) salgılar:

(10E, 12Z) Konfigürasyonu

Bu molekülün geometrisi tam olarak **(10E, 12Z)** konfigürasyonunda tanzim edilmiştir.

Özel Reseptör Uyumu

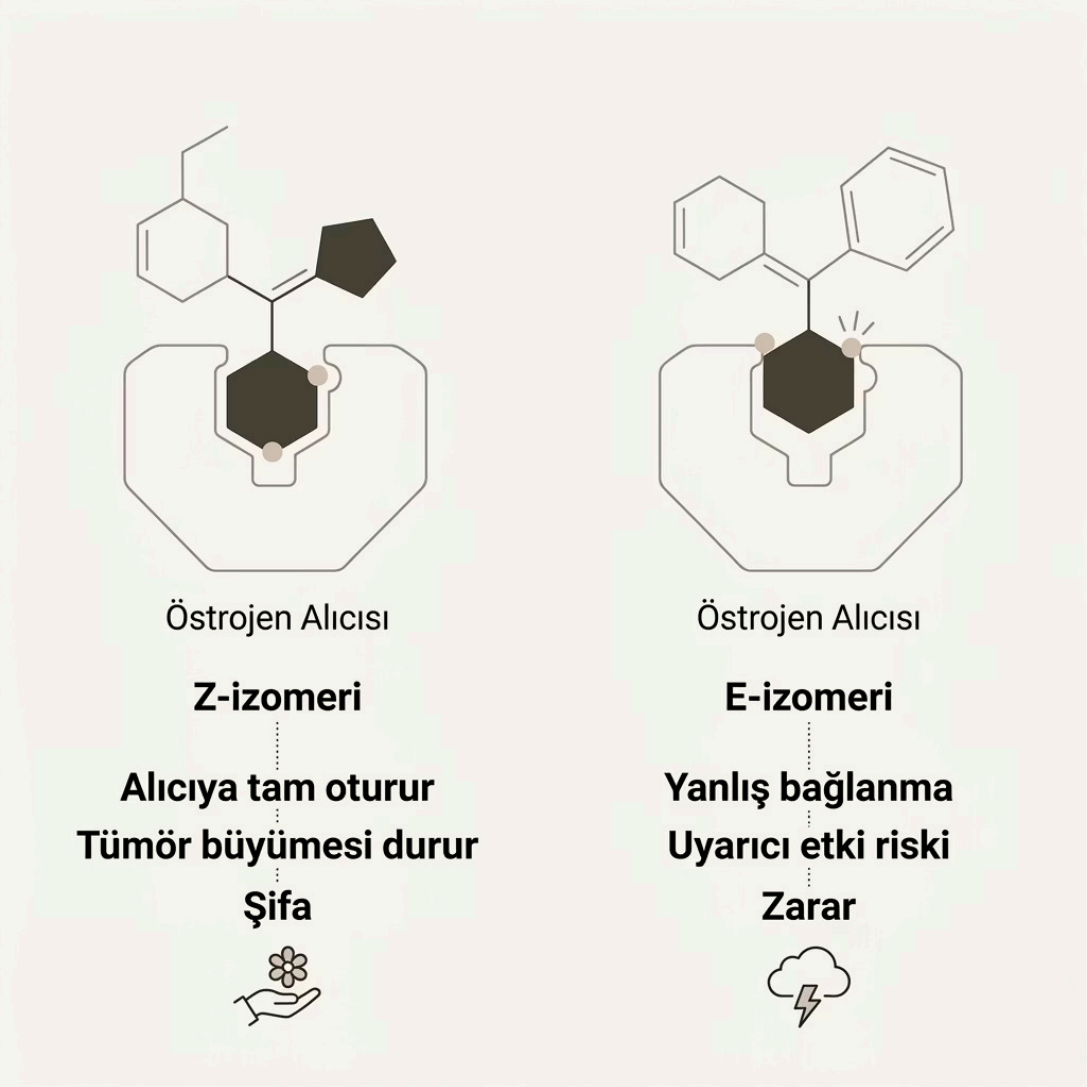
Erkek ipek böceğinin antenlerindeki reseptörler yalnızca bu özel geometriyi tanıyacak şekilde ayarlanmıştır.

Yanlış Geometri = Sessizlik

Diğer tüm geometrik formlar (her ikisi E ya da her ikisi Z) denendiğinde antenler hiçbir tepki vermez.

Doğada "yanlış şekil", suskunluk demektir.

İlaç Dünyasında Geometri: Tamoksifen



Aynı molekülün iki farklı geometrisi, şifa ile zararı ayıran ince çizgidir:

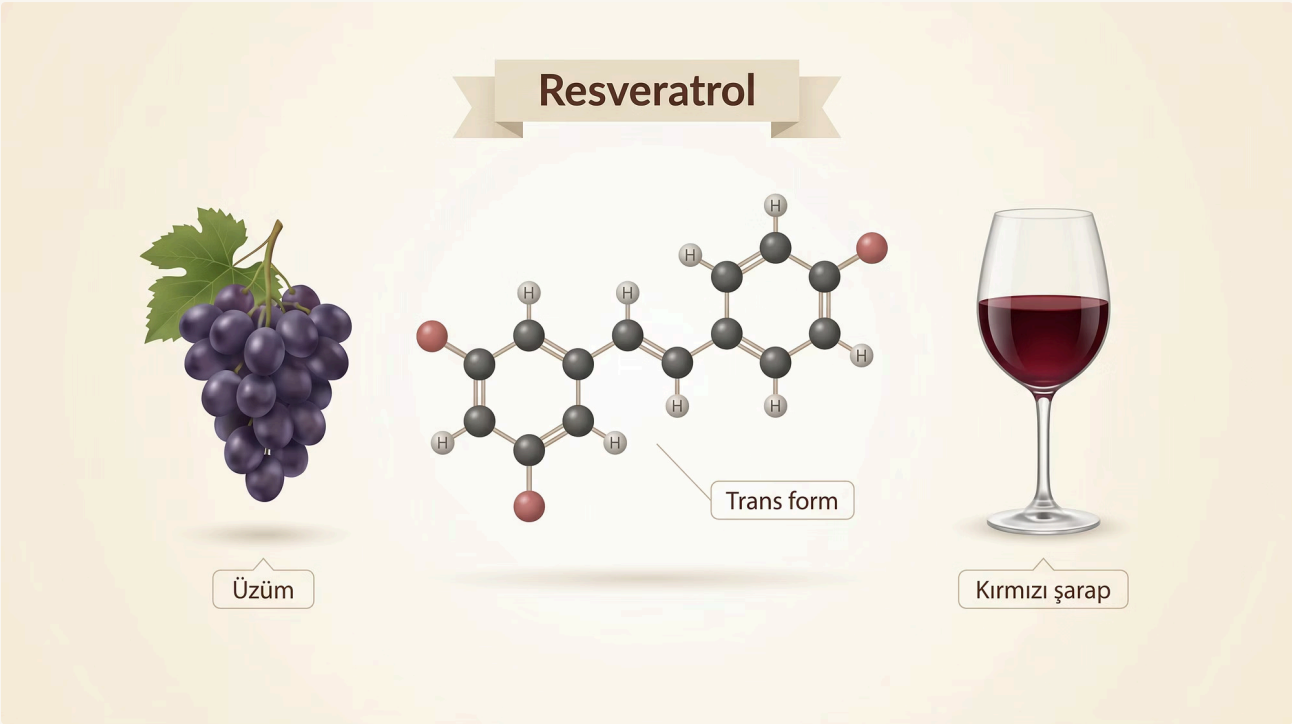
Z-izomeri: Şifa

Kanser hücresindeki alıcılara tam oturarak tümörün büyümesini durdurur — şifa kaynağıdır.

E-izomeri: Risk

Alıcıya yanlış bağlanarak tümörü uyarıcı etki yapma riski taşır.

⚠ Tamoksifen üretiminde Z formunun saflığı, salt bir kimya tercihi değil; hayati bir zorunluluktur.



Resveratrol ve Hücre Onarımı

Aynı prensibin bir başka örneği, yaşlanmayı geciktirdiği araştırılan resveratrol molekülünde görülür:

Geometri değişti; biyolojik etki neredeyse sıfırlandı.

Trans-resveratrol

Doğada bulunan aktif formdur; hücrelere kolayca bağlanarak işlevini yerine getirir.

Cis-resveratrol

Işık etkisiyle bozulmuş formdur; biyolojik etkisi çok düşüktür ve vücuttan hızla atılır.

Geleceğin Teknolojisi: Moleküler Motorlar

Işık enerjisiyle cis-trans geçişi yapan sentetik moleküller, devrimsel bir uygulama için tasarlanıyor:

01

Nanodrill Motorlar

Bu **nanodrill** motorlar saniyede milyonlarca kez döner.

02

Hedef Hücreye Yerleşim

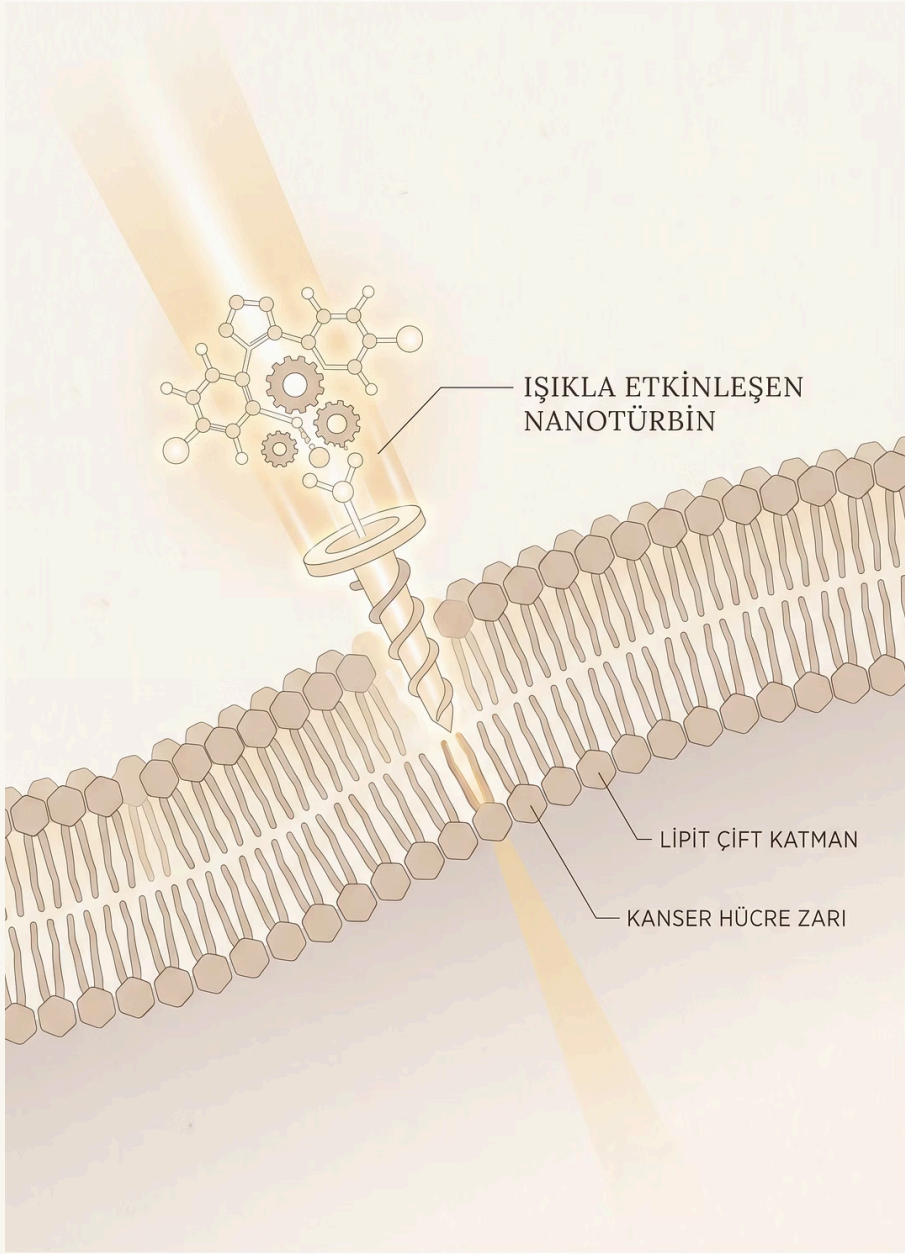
Kanserli hücrenin zarına yerleştirilip ışıkla çalıştırıldığında hücre zarını fiziksel olarak parçalar.

03

Seçici Etki

Sağlıklı hücrelere zarar vermeden yalnızca hedef hücreyi etkiler (2024–2025 araştırmaları).

Cansız kimyanın mekanik bir güce dönüştürülmesinin en çarpıcı kanıtı.



Zorluk Neden Cis Formunda?

Tesadüf ve kör kuvvetler, doğası gereği her zaman üretilmesi en kolay ve en kararlı formu — yani **trans** formu — ortaya çıkarırdı.

Oysa:

→ Hücre Zarları

Hücre zarlarımız, üretilmesi çok daha zorlu olan cis yağ asitleriyle donatılmıştır.

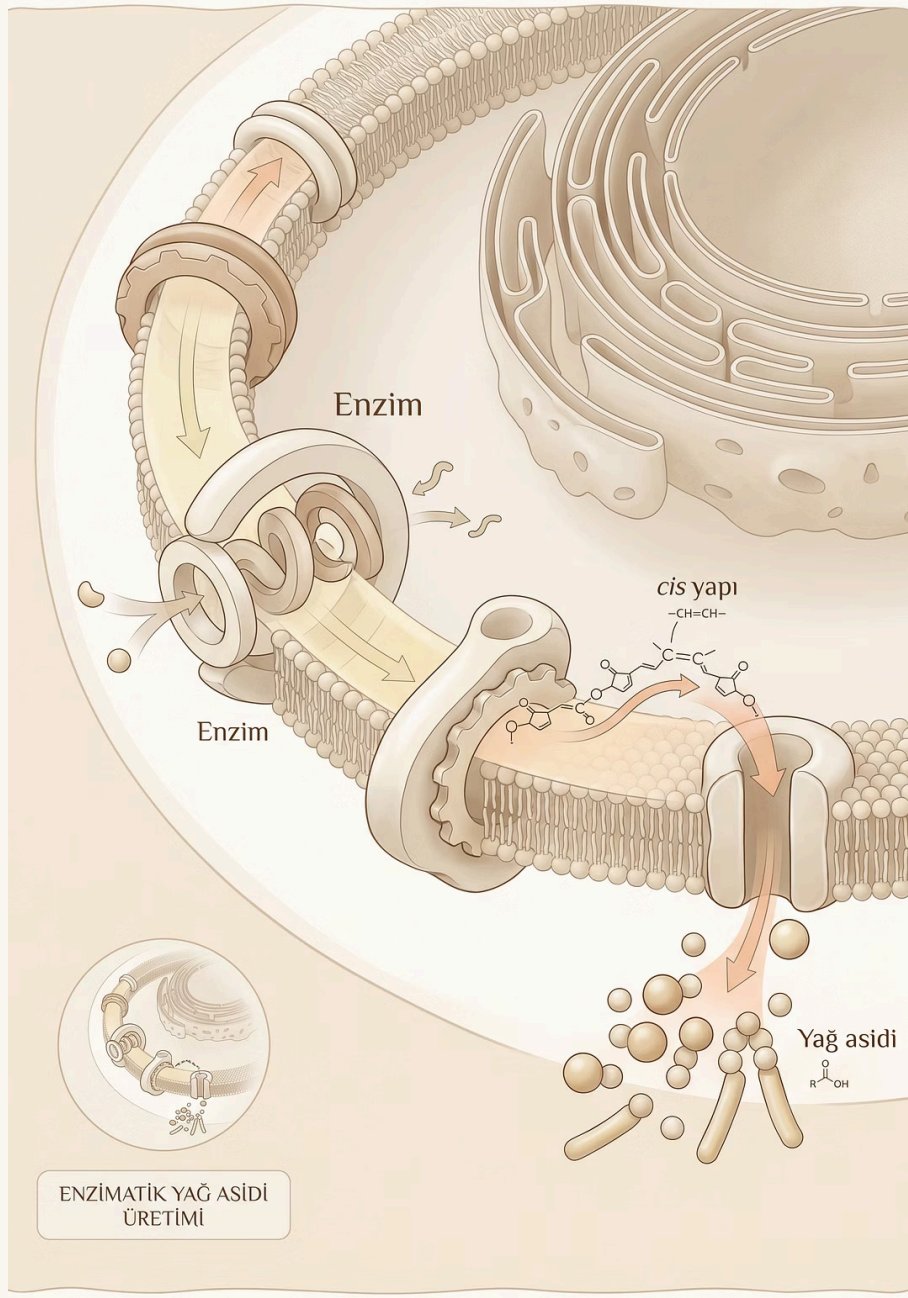
→ Retinal Kilitlenmesi

Gözümüzdeki retinal, termodinamik olarak sürekli gergin olan 11-cis formunda kilitli tutulur.

→ Özel Enzimler

Bunun için özel enzimler görevlendirilmiş, devasa biyokimyasal fabrikalar kurulmuştur.

⚠ Bu hassas seçim, kör bir enerji sürüklenişiyle açıklanamaz.



Hareket Yasağının Hikmeti

Pi bağının getirdiği dönme engeli, ilk bakışta bir kısıtlama gibi görünür.

Ama şunu sormak gerekir: Bu engel olmasaydı ne olurdu?

Görme Yok

Retinal ışığa göre şekil değiştiremez; gözümüz karanlığa mahkûm olurdu.

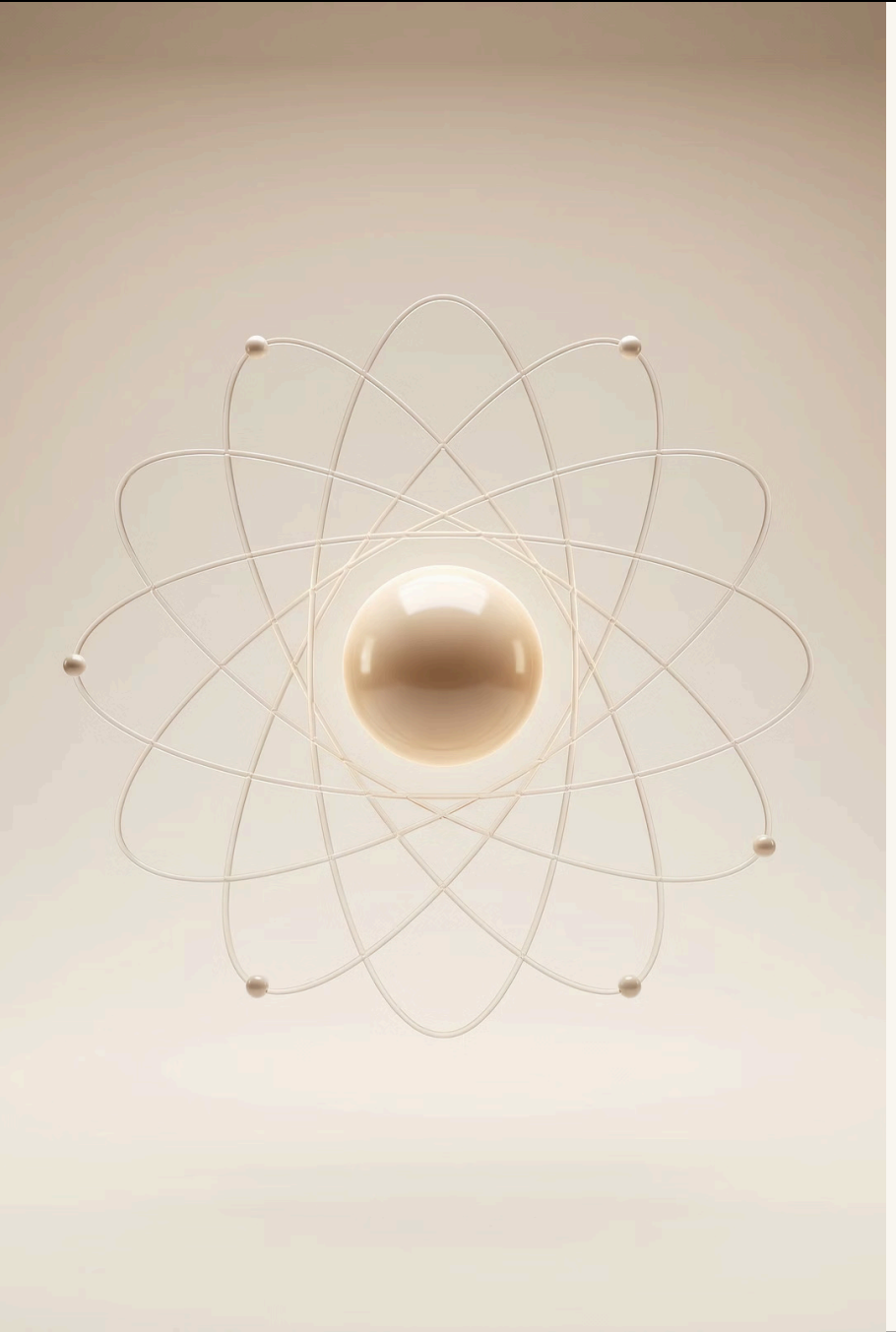
Zar Esnekliği Yok

Hücre zarı esnekliğini yitirirdi.

İletişim Yok

İpek böceği eşini bulamazdı; biyolojik iletişim sessizleşirdi.

> Maddeye çizilen bu sınır, daha yüksek bir düzenin — hayatın — inşa edilebilmesi için kasıtlı olarak belirlenmiş hikmetli bir kuraldır.



Atomlar mı Karar Veriyor?

Bilimsel metinlerde sıkça karşılaştığımız "atom kararlı olmak ister", "elektron düşük enerjiye geçmeyi tercih eder" gibi ifadeler pedagojik kolaylıklar sağlar — ama yanıltıcıdır.

> Cansız bir karbon atomunun "kararlılık" arzusu veya bilinci olamaz.

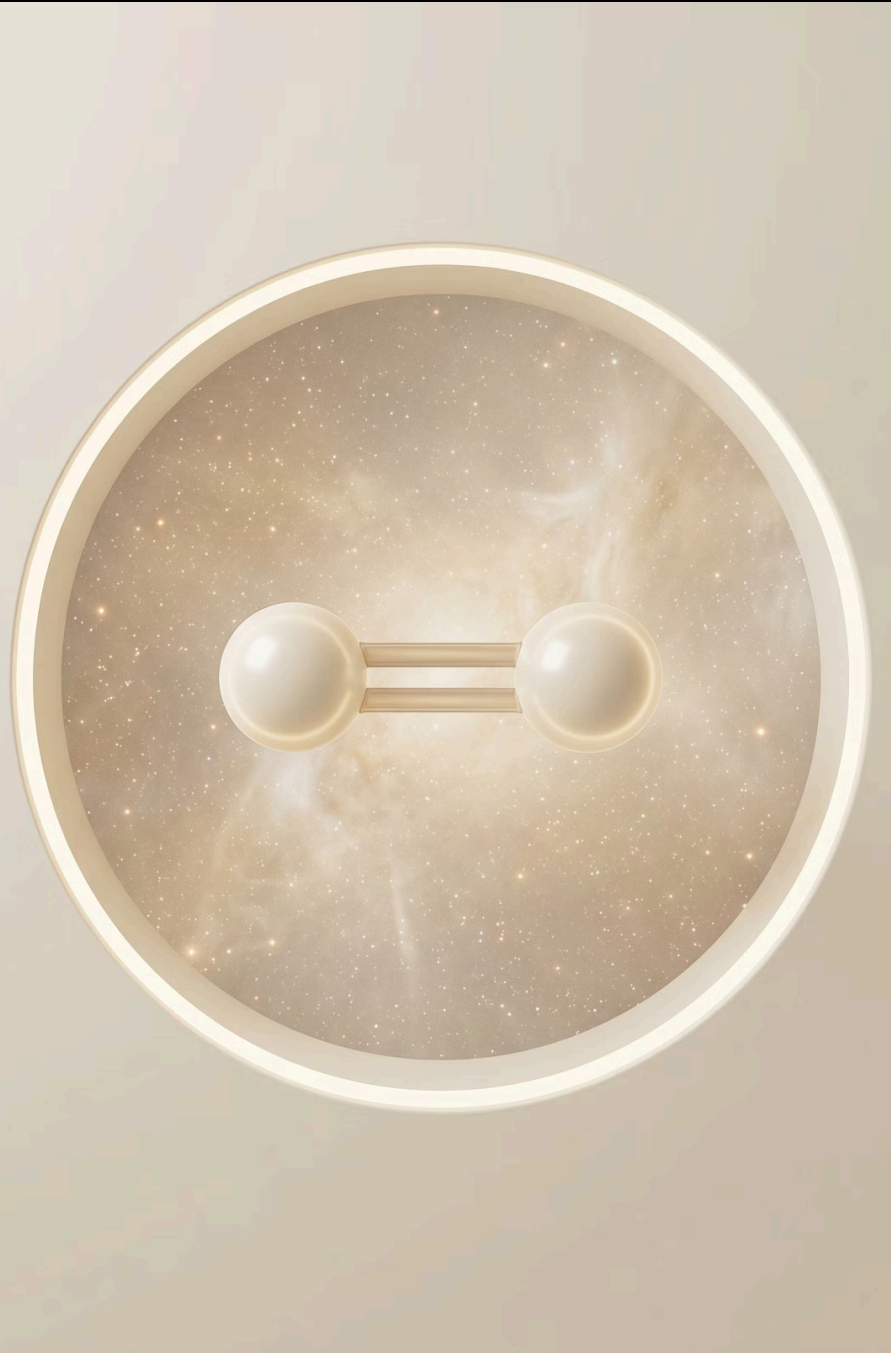
Maddenin doğasında gözlemlediğimiz bu mükemmel yönelimler, atomun kendi şuurlu tercihi değil; maddeye yerleştirilmiş değişmez kanunlardır. Atomlar yalnızca kendilerine verilen görevi yerine getirirler.

Özet: Karbonun Geometrik Lisanı

Kavram	Anlamı
sp^2 hibritleşmesi	Düzlemsel geometrinin temeli
Pi bağı	Dönme engelinin kaynağı
Cis / Trans	Aynı taraf / Zıt taraf
E-Z sistemi	Atom numarasına dayalı kesin hiyerarşi
Geometri → Özellik	Fiziksel, biyolojik, farmakolojik etki

Küçük bir geometrik fark; görme, hücre bütünlüğü, iletişim ve şifa arasındaki farkı belirler.

Tefekkür Noktası

Şuursuz atomların arasına çekilen ve molekülün kendi etrafında dönmesini yasaklayan o aşılmaz bağ; görme hızını, hücrenin esnekliğini, böceğin iletişimini ve ilacın şifasını tayin eden kusursuz bir kural olarak karşımızda durmaktadır.

> Hammadde olan karbon atomundan mucizevi bir sanata ve oradan tüm evrene uzanan bu yolda, karbonun o bükülmez çift bağı ve geometrik lisanı — arkasındaki sonsuz ilim ve kudrete açılan en parlak pencerelerden biridir.